Conferencia electrónica de la FAO sobre "Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica"

Utilización de arboles y arbustos fijadores de nitrógeno en sistemas sostenibles de producción animal en suelos ácidos tropicales

Raúl Botero y Ricardo O. Russo

Escuela De Agricultura De La Región Tropical Húmeda
Apdo. 4442-1000 San José de Costa Rica
Email: rbotero@ns.earth.ac.cr

I. INTRODUCCIÓN

En el desarrollo de la agroforestería, los árboles y arbustos fijadores de nitrógeno (AFN) pueden asociarse con cultivos agrícolas (Sistema Agroforestal), con pasturas para pastoreo (Sistema Silvopastoril), ser mantenidos alternando entre cultivos agrícolas y pasturas (Sistema Agrosilvopastoril) y también como bancos forrajeros y como cercas vivas. Esto es debido a su gran variedad de productos y usos como: leña, carbón, madera, frutos, productos medicinales e industriales, tutores de cultivos, sombra, división de lotes y demarcación de linderos en fincas, barreras rompeviento, control de erosión, refugio de avifauna silvestre, reciclaje de nutrimentos, etc. Además, el follaje de algunos de ellos puede ser cosechado, bajo corte o pastoreo directo, para la suplementación animal.

Una característica de los AFN es la de fijar nitrógeno (N) atmosférico en sus nódulos radicales y, a través del metabolismo, almacenarlo en su componente forrajero (hojas, peciolos, tallos tiernos y frutos) en forma de proteína cruda (N x 6.25), cuyo contenido varía entre 10 a 35%. Su forraje contiene fibra larga, nitrógeno no protéico (NNP), proteína y grasa (Leng, 1988). La fibra larga, todo el NNP y una cantidad variable de la proteína, consumidos en el forraje arbóreo, son **fermentados** y utilizados como nutrimentos por la flora ruminal. Una parte de la proteína puede estar ligada a compuestos antinutricionales, llamados taninos y fenoles condensados, que le permiten escapar, con la grasa, a la fermentación ruminal, por lo cual su forraje puede ser fuente importante de **proteína y de energía sobrepasantes**, siempre que se logre un balance apropiado de nutrimentos en el ecosistema ruminal (Preston y Leng, 1989). Una cantidad variable de la proteína ligada a compuestos antinutricionales puede sobrepasar el aparato digestivo y salir inalterada en la heces (**indigerible**), sin que pueda ser utilizada como nutrimento por los animales que

consumen dicho forraje. Además, ciertos compuestos antinutricionales, presentes en el forraje de algunas especies, pueden ser tóxicos para la flora (bacterias y hongos) o para la fauna (protozoarios)ruminales.

Es importante recordar además, que las especies arbustivas y arbóreas lignifican principalmente en los tallos y no tanto en las hojas, como si lo hacen la gran mayoría de las gramíneas utilizadas para el pastoreo. De allí la mayor estabilidad en la calidad nutricional del follaje de las especies leñosas a través del tiempo.

Existe un alto número de especies y de ecotipos nativos e introducidos de AFN, adaptados a un amplio rango de zonas agroecológicas. Son especies perennes, con excepción de varios ecotipos de *Cajanus cajan*, *Codariocalyx gyroides* y *Sesbania sesban* que se comportan como semiperennes. Las especies que han resultado persistentes y productivas en diversos sistemas agropecuarios y sus principales usos actuales y potenciales en suelos ácidos tropicales se relacionan en el Cuadro 1.

NOTA: La mayoría de estas especies son leguminosas, lo cual no indica que necesariamente todas las leguminosas fijen nitrógeno. También se incluyen especies que, sin ser leguminosas, fijan nitrógeno atmosférico, en este caso representadas por *Alnus* y *Casuarina*. No se incluye los nombres comunes, puesto que son diferentes entre países y regiones.

CUADRO 1. Principales arbustos y árboles fijadores de nitrógeno (AFN) y sus usos actuales y potenciales en sistemas de producción agropecuaria en suelos ácidos tropicales.

Especies de AFN	Silvopasturas	Cercas	Bancos
		Vivas	forrajeros
Acacia aneura	X		
Acacia farnesiana		X	X
Acacia mangium	X	X	
Aeschynomene spp.			X
Albizia lebbek	X	X	
Albizia saman	X	X	
Albizia guachapele	X	X	
Alnus acuminata	X		
Cajanus cajan			X
Calliandra arborea	X		

Calliandra calothyrsus		X	X
Casuarina cunninghamiana	X	X	
Clitoria fairchildiana	X	X	X
Codariocalyx gyroides			X
Cratylia argentea			X
Dalbergia retusa		X	
Dendrolobium spp.			X
Desmodium velutinum			X
Diphysa robinioides		X	
Enterolobium cyclocarpum	X	X	
Erythrina berteroana	X	X	X
Erythrina cochleata	X	X	X
Erythrina fusca	X	X	X
Erythrina lanceolata	X	X	X
Erythrina poeppigiana	X	X	X
Erythrina variegata	X	X	X
Erythrina edulis	X	X	X
Flemingia macrophylla			X
Gliricidia sepium	X	X	X
Inga spp.	X	X	
Mimosa scabrella	X	X	
Paraserianthes falcataria	X		
Pentaclethra macroloba	X	X	
Pithecellobium dulce	X	X	
Pithecellobium longifolium	X	X	
Pterocarpus hayesii	X	X	
Sesbania sesban			X
Stryphnodendron excelsum	X	X	
Tadehagi spp.			X

FUENTES: Argel y Maass, 1995; Benavides, 1994; Botero, 1992;Russo y Botero, 1996a.

II. INTERACCIONES EN AGROFORESTERIA

En la agroforestería desarrollada con AFN se crean interacciones biológicas, ecológicas y económicas, las cuales pueden contribuir a lograr una producción sostenible. Algunas de las interacciones que han sido definidas por varios autores (Borel, 1987, 1993; Bronstein, 1983; Montagnini, 1992; Rusco y Botero, 1996a; Torres. 1983) son:

1-Los AFN incrementan el nivel de nitrógeno en el suelo debido a su capacidad de fijarlo de la atmósfera, a través de la simbiosis con bacterias en sus raíces, y por medio del aporte de materia orgánica hecho al suelo a través de la caída periódica o estacional, natural o provocada (cosecha), de hojas, flores, frutos, ramas y raíces muertas. Además, sus raíces pueden absorber nutrientes de capas profundas del suelo y traerlos a la superficie, haciéndolos disponibles para la pastura o para el cultivo agrícola asociado. En algunos casos, pueden incrementar la disponibilidad de fósforo (simbiosis con micorrizas), calcio, potasio y magnesio.

2-Los arbustos y árboles pueden mejorar las condiciones físicas del suelo (porosidad y densidad aparente). Su efecto de descompactación es positivo y relevante en áreas degradadas, a causa de la compactación del suelo, ocasionada por la mecanización y/o por el pisoteo continuo del ganado. Un caso común son las pasturas abandonadas en el trópico húmedo.

3-Los arbustos y árboles crean un microclima favorable para los animales en pastoreo (sombra, menor radiación y menor temperatura). La intensidad de su sombra depende de la densidad y orientación de los surcos de árboles y del diámetro y estructura de sus copas. Para evitar la sombra refleja, que reduce la eficiencia fotosintética de los forrajes o cultivos de cobertura, las líneas o surcos de especies leñosas deben plantarse en dirección al recorrido del sol -de oriente a occidente- (Botero, 1988). La sombra protege a los animales del calor excesivo causado por la radiación solar directa y les permite mantener su temperatura corporal en un rango confortable. Los cambios en el balance térmico, que se logran con una menor temperatura del aire, comparada con la temperatura corporal del animal, le permiten un mayor consumo de alimento (De Alba, 1959).

4-Los AFN pueden competir con la pastura y con los cultivos agrícolas por agua, nutrimentos, luz y espacio. Los efectos de la competencia pueden ser mayores si los requerimientos de ambos componentes son similares. La caída natural de hojas y las podas ayudan a incrementar la disponibilidad de agua, de luz y de nutrimentos para todos los componentes del sistema. La selección apropiada de especies y las podas selectivas (en cuanto a espacio climatizar e intervalos de tiempo entre cortes)contribuyen a reducir la competencia entre los componentes en agrosilvopasturas.

5-Un alto número de animales o la disposición de los árboles en bloques pueden obligar a los animales a concentrarse en áreas reducidas para sombrear. EL exceso de pisoteo puede afectar la cobertura de la pastura, localizada bajo la sombra, y causar erosión y compactación localizada del suelo. Estas condiciones también pueden afectar el

crecimiento apropiado de los árboles. Además, la sombra favorece la presencia de insectos picadores y parásitos que afectan a los animales (Botero, 1992).

6-Las preferencias alimenticias de los animales pueden alterar la composición forestal. A largo plazo, solo persistirán aquellas especies leñosas no consumidas por los animales.

7-Se acelera el reciclaje de nutrimentos en el suelo, hecho a través de los residuos de los cultivos agrícolas, de los forrajes o de las heces y orina depositadas por los animales durante el pastoreo.

8-Los animales pueden consumir las legumbres o frutos, aprovechando sus nutrimentos, escarifican las semillas que contienen y las dispersan en las heces. Esto favorece su germinación y evita el consumo de las plántulas por parte de los animales, hasta tanto las excretas se incorporen al suelo transformadas en materia orgánica (Botero, 1992).

9-Muchas especies de gramíneas crecen mejor bajo la sombra de la copa de los árboles, producen mayor cantidad de forraje y tienen una mayor calidad nutritiva (menor contenido de fibra y mayor contenido de proteína cruda, comparadas con las gramíneas que crecen a plena exposición solar (Pinney, 1989; Daccarett y Blydenstein, 1968). Un efecto indeseable de la sombra sobre el forraje de las gramíneas de cobertura en silvopasturas, mencionado por algunos productores, es la reducción de su gustocidad. Esto puede obviarse haciendo pastoreo rotacional con carga animal apropiada, pastoreo de relevos (primero vacas lactantes y luego secas o bien vacas lecheras y luego animales de levante) o mediante el pastoreo conjunto de varias especies animales -bovinos con búfalos, cabras, ovejas, equinos, cerdos, venados o chigüiro (Botero, 1992).

10-El búfalo de agua posee un alto potencial como animal de triple propósito (carne-leche-tracción) para el trópico húmedo. La explotación de este rumiante, que no posee glandular sudorípara y por ello requiere de abundante sombra, sería más eficiente en sistemas agrosilvopastoriles.

III. SISTEMA SILVOPASTORIL

Definición

El sistema silvopastoril es una combinación natural o una asociación deliberada de uno o de varios componentes leñosos (arbustivos y/o arbóreos) dentro de una pastura de especies de gramíneas y de leguminosas herbáceas nativas o cultivadas y su utilización con rumiantes y herbívoros en pastoreo (Combe y Budowski, 1979; Nair, 1985, 1989).

Opciones para el establecimiento de silvopasturas

Existe la posibilidad de sembrar simultáneamente pasturas con AFN o de introducirlos en pasturas ya establecidas (Silvopasturas). La principal limitante es el largo período de tiempo requerido para poder pastorear las silvopasturas así establecidas, sin comprometer la sobrevivencia de los AFN. En este caso se deben transplantar árboles provenientes de semilla directamente del vivero y esperar a que alcancen una altura y desarrollo que evite su daño por el ramoneo de los animales. Mientras los árboles alcanzan tal desarrollo, el forraje de la cobertura inferior se debe y puede cosechar en forma manual o mecanizada. También pueden sembrarse especies espinosas de AFN, cuyos árboles jóvenes no son ramoneados por los animales en pastoreo (*Acacia farnesiana*, *Pithecellobium dulce*) etc.

Existe también la posibilidad de establecer las silvopasturas mediante cultivos agrícolas -Agrosilvopasturas- (Russo y Botero, 1996b), las opciones de cultivos son similares a algunas de las ya probadas para los sistemas agropastoriles en suelos ácidos tropicales (Vera, *et al*., 1993).

Los AFN pueden sembrarse simultáneamente y desde el inicio, con varios ciclos de cultivos trimestrales en rotación, de cereales como arroz secano, maíz, sorgo, millo; oleaginosas como soya, maní, ajonjolí; legumbres como caupí, canavalia, mungo, fríjol de abono; o frutos como sandia o patilla, zapallo o ayote, cidra o chayote, melón, etc. (Botero, 1996). Los AFN también pueden sembrarse simultáneamente y desde el inicio con un cultivo anual o bianual como yuca, ñame, tiquisque, camote, jengibre, pina, guandul, plátano, etc. Al cosechar el último cultivo se siembran las especies herbáceas (gramíneas puras o asociadas con leguminosas herbáceas), como cobertura del estrato inferior de la silvopastura. De la fertilización aplicada al cultivo, los nutrientes minerales residuales son aprovechados por la silvopastura (Botero, 1996).

En la estrategia de establecimiento de silvopasturas a través de cultivos agrícolas, se logra obtener dinero en efectivo mientras se establecen los árboles, y se permite a los árboles crecer lo suficiente (mínimo 1.5 años) para no ser dañados por el ramoneo de los animales, al iniciar el pastoreo de la silvopastura (Botero, 1992).

Resultados obtenidos con Sistemas Silvopastoriles

Históricamente, por más de 90 años en zonas de altura con suelos volcánicos en Costa Rica, algunos ganaderos han sembrado aliso o jaul (*Alnus acuminata*) asociado en silvopasturas con pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) y con gramíneas para corte como pasto elefante (*P. parpureum*). Los árboles provienen de regeneración natural o son producidos en vivero y plantados a distancias de 8 x 14 m (100 árboles/ha). Estos ganaderos afirman que sus vacas producen más leche en estas silvopasturas que en pasturas sin árboles. Para proteger los árboles jóvenes del daño del ganado, los ganaderos construyen cercos individuales y temporales alrededor de cada árbol, hasta que el ganado no alcance a ramonear los nuevos brotes. Los árboles de aliso seleccionados para corte, después de 15 a 20 años de crecimiento alcanzan 35 a 40 cm de diámetro y proporcionan leña y madera. El

A. acuminata al igual que la *Casuarina* spp. poseen la ventaja de que se asocian con actinomicetos (bacterias filiformes) del genero *Frankia* que fijan nitrógeno en nódulos que forman en las raíces de estas especies (Russo, 1990).

Beer (1980), reportó el caso de una finca en Santa Cruz de Turrialba, Costa Rica, en donde árboles de poró gigante, cámbulo o cachimbo (*E. poeppigiana*) han sido plantados como silvopasturas con pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) desde 1930.

Los casos experimentales han mostrado resultados promisorios en silvopasturas de *E. poeppigiana* con cobertura de las gramíneas forrajeras estrella africana -*Cynodon plectostachyus*- (Alpizar, 1987; Bronstein, 1983) y con king grass (*P. purpmeum* X *P. typhoides*)(Benavides, 1994; Benavides *et al*., 1994; Rodríguez, 1984; Kass, 1994). En el primer caso, durante cinco años, el forraje cosechado de *C. plectostachyus* asociado con *E. poeppigiana* produjo 60% mayor rendimiento que la misma gramínea asociada con laurel o nogal (*Cordia alliodora*), un árbol maderable que no fija nitrógeno. El king grass produjo 14% más forraje asociado con *E. poeppigiana*, comparado con la producción obtenida de la gramínea pura.

Arboles de *Erythrina poeppigiana* plantados desde 1977, fueron podados a 2.5m de altura y asociados a 6 x 6m (280 árboles/ha) con ocho gramíneas para pastoreo. Los árboles fueron cosechados mediante poda cada seis meses. Las gramíneas *Panicum maximum* CIAT 16051 y 16061, *Brachiaria brizantha* CIAT 664 y 6780, *Brachiaria humidicola* CIAT 633 y *Cynodon nlemfuensis* tuvieron entre 10 y 34% mayor producción de forraje y también mayor contenido de proteína cruda asociadas en la silvopastura con *E. poeppigiana*, comparadas con las mismas gramíneas puras. La producción de forraje de *Brachiaria dictyoneura* CIAT 6133 y de elefante enano (*Pennisetum purpureum* cv. Mott) disminuyó en 10% cuando estaban asociadas con *E. poeppigiana* (CATIE, 1991).

En Colombia desde 1987, *Erythrina fusca* (pízamo, bucare o poró blanco) fue asociado a 4 x 4 y 3 x 3 metros (625 y 1111 árboles/ha) con la gramínea forrajera estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*). Los árboles se cosechan mediante poda cada tres meses, rindiendo desde entonces 30 y 50 ton/ha/año de forraje verde que, con una oferta del forraje arbóreo oreado del 3% del peso vivo de los animales, han permitido suplementar a 8 y 13 bovinos/ha/año, respectivamente. La gramínea de cobertura en la silvopastura ha producido 84 ton/ha/año de forraje verde, lo que ha permitido, mediante pastoreo rotacional y sin fertilización ni riego, mantener una carga de 3.0 U.A/ha (Rodríguez y Cuéllar, 1993).

El reciclaje de nutrimentos minerales, como parte de la sostenibilidad del sistema, es mayor a través de las heces de los animales en los sistemas silvopastoriles que en las pasturas tradicionales sin árboles, arbustos o hierbas leguminosas (Botero, 1993). Los minerales contenidos en las heces de vacas pastoreando en silvopasturas de chiminango, payande o gallinero *Pithecellobium dulce* con cobertura de *Brachiaria decumbens* CIAT 606 asociada con *Centrosema acutifolium* CIAT 5568, comparados con su contenido en las heces de

vacas pastoreando en pasturas de *Brachiaria decumbens* CIAT 606 pura, se relacionan en el Cuadro 2.

La producción de leche bajo este sistema de doble propósito y durante una lactancia completa fue 24% mayor y la reconcepción al finalizar la lactancia 75% superior en el grupo de 72 vacas pastoreando en las silvopasturas, comparado con el grupo, de igual numero de vacas, pastoreando en las pasturas de gramínea pura (Botero, 1993; Ramírez, 1991).

CUADRO 2. Contenido mineral en las heces y reconcepción de vacas lactantes en un sistema de doble proposito bajo pastoreo rotacional en pasturas de gramínea pura comparadas con silvopasturas. Hda Miravalle, Fondo Ganadero del Valle del Cauca S.A., Colombia.

Tipo de	Contenido mineral en las heces					Preñez
Pastura	(% MS)					(%)
	N	P	K	Ca	Mg	
Gramíneas	1.13	0.36	0.82	0.6	0.4	33
Silvopastura	1.46	0.42	1.17	0.9	0.5	58

Fuente: Adaptado de Botero 1993.

La granja "El Hatico" en Colombia posee 135 hectáreas de silvopasturas, con predominio de la especie AFN algarrobo forrajero (Prosopis juliflora, con cobertura de varias gramíneas introducidas en asociación con leguminosas herbáceas nativas. Estas silvopasturas poseen una población promedio de 35 árboles/ha que producen 50 Kg de legumbres/árbol/año. Esta legumbre, que se produce durante las dos épocas anuales de sequía y que se cae sola al suelo, una vez madura, tiene un alto valor nutritivo (14% de proteína y 50% de azúcares solubles) y el ganado la consume directamente del suelo (Molina, *et al*., 1 996). Adicional a las legumbres, se obtiene leña de las podas de formación de los árboles y de las entresacas durante el manejo de la regeneración natural y postes para cercas muertas, que logran una duración de 15 años sin ningún tratamiento de preservación (Molina, *et al*., 1 996).

En las regiones de clima cálido en Venezuela, durante el mes de marzo de cada año se maduran y caen al suelo las legumbres del árbol de saman (*Albizia saman*). Estas legumbres son bien consumidas por el ganado bovino en pastoreo y algunos campesinos las cosechan en el campo y luego las venden en las orillas de las carreteras, los productores las compran para la suplementación de bovinos, ovinos, caprinos y equinos.

Leucaena leucocephala no se incluye dentro de estas especies, puesto que su mayor producción y persistencia se logra en suelos bien drenados, profundos, con alta fertilidad

natural y neutros o calcáreos. Sin embargo, algunas especies, ecotipos e híbridos experimentales logrados de este género, crecen en una amplia gama de suelos incluyendo los medianamente ácidos, con pH mayor de 5.5 y saturación de aluminio de media a baja (Hutton, 1995; Shelton y Brewbaker, 1994).

Es conveniente que los sistemas silvopastoriles sean lo suficientemente flexibles para permitir que se puedan cambiar rápidamente y de manera temporal, intermitente o permanente a cualquier otro tipo de explotación con cultivos agrícolas bajo los árboles (agrosilvopasturas), cuando sea necesario renovar, resembrar, complementar o cambiar el componente arbóreo o herbáceo de la silvopastura, o cuando el momento económico del país, la región o la finca así lo exijan (Botero, 1995).

IV. BANCOS FORRAJEROS

Definición

Son áreas compactas, cercanas a las instalaciones de manejo y alimentación de los animales (corrales, establos, etc), destinadas exclusivamente a la producción de forrajes de alta calidad y volumen, para su utilización en la suplementación animal, bien sea que se maneje bajo corte o bajo pastoreo.

Opciones para el establecimiento de bancos forrajeros

Si el banco forrajero se establece exclusivamente con AFN (banco de proteína), el nitrógeno que ellos fijan y que podría ser aprovechado por otras especies forrajeras, asociadas dentro del mismo banco, es finalmente utilizado por especies vegetales no deseadas en el sitio (malezas). Por ello uno de los componentes más apropiados, en mezcla o como cobertura de los bancos forrajeros, son las gramíneas, puesto que son especies que no fijan nitrógeno, pero que si lo demandan en alta cantidad, sean ellas utilizadas para corte (Ej: caña de azúcar, king grass, elefante, etc.) o para pastoreo (Ej: estrella, guinea, braquiarias, etc.). A este último sistema se lo denomina actualmente como banco de energía.

El banco de energía de AFN en mezcla o con cobertura de gramíneas no elimina la posibilidad de asociación de su cobertura inferior con leguminosas herbáceas nativas o introducidas y preferiblemente no trepadoras (Ej: *Desmodium, Stylosanfhes, Arachis, Aeschynomene, Cassia, Chamaecrista, Indigofera, Zornia,* etc.). La asociación adicional con otras especies fijadoras de nitrógeno (leguminosas hebáceas) incrementa la cantidad de nitrógeno fijado por el sistema. Esto permite incluir, en lineas alternas, otras especies herbáceas, arbustivas y/o arboreas de alta calidad forrajera, que son altamente consumidas por bovinos, cerdos, aves, conejos, peces, etc., (Ej: morera, amapola, nacedero, ramio, pringamoza, botón de oro, bledo, camote, bore, etc) y reduce sensiblemente la necesidad de aplicación de fertilizantes nitrogenados en estas especies forrajeras que no lo fijan, pero que

si lo demandan en una alta cantidad (Benavides, *et al*., 1995). La mezcla de varias especies dentro del banco forrajero crea una alta biodiversidad que reduce sensiblemente el ataque de plagas y enfermedades (Botero, 1992).

Resultados obtenidos con Bancos Forrajeros

La siembra de AFN por semilla sexual es más conveniente que su propagación mediante estacas, debido a que el vigor, la tolerancia al corte, al pastoreo y a la sequía, la sobrevivencia y el potencial productivo son mayores en las leñosas provenientes de semilla sexual. Esto fue observado y medido en bancos forrajeros de matarratón o madero negro (*Gliricidia sepium*) en la granja El Hatico, Valle del Cauca, Colombia. Los resultados, así como las principales conclusiones obtenidas con bancos forrajeros de *Gliricidia sepium* manejados bajo corte desde 1986, se presentarán en un futuro artículo en esta conferencia.

En un estudio realizado en el CIAT. Lascano, *et al*., (1995), evaluaron la calidad del forraje de varias especies de leguminosas arbustivas plantadas en suelos ácidos (pH 4.0 a 4.5 y saturación de Aluminio > del 85%). El estudio mostró que las especies evaluadas, bajas en taninos, tales como *Cratylia argentea* y *Desmodium velutinum* tuvieron una media a alta Digestibilidad *in vitro* de la Materia Seca (DIVMS) y un alto contenido de proteína cruda. El estudio recomienda utilizar el forraje cosechado de hojas maduras y oreadas de *C. argentea* como un suplemento de proteína para rumiantes durante la época seca. Los arbustos cuyo forraje tenia un alto contenido de taninos, como *Flemingia macrophylla*, *Tadehagi* spp., *Dendrolobium* spp. y *Codariocalyx gyroides* mostraron un alto contenido de proteína cruda y una DIVMS por debajo del 40%. Independiente de la estación climática, el consumo del forraje por parte de bovinos y ovinos fue mayor cuando fue oreado o secado a la sombra de un día para otro (marchito) y ofrecido como suplemento (Argel y Masas, 1995). La DIVMS medida en el forraje de los AFN esta entre el 40 al 80%.

El picado del forraje arbóreo reduce el desperdicio al ofrecerlo a los animales en comederos, estimula el consumo y destruye las espinas presentes en las hojas y tallos de algunos árboles como *Erythrina spp.* (Botero, 1988). El oreo adicional al picado permite la volatilización de sustancias que reducen su gustocidad (Botero, 1992). Aunque se incrementa sensiblemente el desperdicio del forraje para consumo, pero no para el reciclaje de nutrimentos al suelo, una forma práctica del oreo consiste en podar los AFN y dejar su follaje sobre el suelo, para que sea consumido directamente por los animales en pastoreo. El deshoje u ordeño manual de las ramas, directamente en los árboles, demanda mayor cantidad de mano de obra y se dejan de utilizar los tallos verdes como forraje. La corteza de las ramas verdes tiene mayor calidad nutritiva comparada con las hojas, y a ello se debe que los animales descortecen algunos árboles durante el pastoreo (Botero, 1988).

En el engorde de ganado bovino en confinamiento, realizado en fincas privadas en el Valle del Cauca-Colombia, se han logrado promedios de ganancia de peso de 850 g/animal/día, utilizando forrajes arbóreos para complementar la alimentación de machos enteros (200 a

450 Kg de peso vivo y con un máximo de 24 meses de edad al sacrificio), con la siguiente dieta flexible:

Dieta flexible	Consumo x Kg/animal/día
Gramínea picada (caña de azúcar y/o pastos de corte)	26
Forraje arbóreo picado y oreado	9
Melaza o vinaza líquidas + urea al 10% ó BMN*	1
Cama de aves	0.5
Semilla, harina o torta de oleaginosas	0.5
Sal mineralizada y agua de bebida a voluntad	

* Bloques Multinutricionales
Fuente: Botero y Preston, 1989.

En el sistema de doble propósito, se utilizó el forraje arbóreo de poró blanco, pízamo o bucare (*E. fusca*) como suplemento artesanal en mezcla para vacas F1 (Holstein x Cebú) en pastoreo intensivo en silvopasturas con *C. nlemfuensis* (Reserva Pozo Verde-CIPAV, Colombia) así:

Suplemento artesanal	%
Forraje arbóreo picado y oreado	83.5
Aceite crudo de palma africana	6.3
Cal (CaCO3)	1.0
Melaza de caña	9.2

Fuente: Adaptado de Rodríguez y Cuéllar, 1993.

El aceite crudo de palma africana, con alto contenido de ácidos grasos esenciales, de cadena larga, es convertido por la cal en un jabón cálcico y con ello se logra que su grasa saponificada no pueda ser fermentada por la flora ruminal y sea entonces utilizada como fuente de energía sobrepasante.

El jugo de caña, el azúcar, la melaza, el melote o la vinaza, no solo mejoran la gustocidad del suplemento, sino que, adicionalmente al oreo del forraje picado, es posible que propicien la desnaturalización de los compuestos antinutricionales, incrementando así la disponibilidad, a nivel intestinal, de la proteína sobrepasante del forraje arbóreo (Cuéllar, Rodríguez y Preston, 1992).

Tres grupos de 9 vacas lactantes, que poseían cada uno 3 vacas con menos de 100 días, 3

vacas con 100 a 200 días y 3 vacas con más de 200 días de lactancia, se utilizaron para comparar dos niveles de consumo del suplemento artesanal citado atrás, contra un concentrado convencional a base de granos, con 16% de proteína cruda. Las cantidades de concentrado convencional y de suplemento artesanal consumidos durante los dos ordeños diarios y los resultados obtenidos en producción de leche se consignan en el Cuadro 3.

El análisis estadístico se realizó por covarianza, tomando en cuenta la producción inicial de cada vaca. La producción de leche lograda por el grupo de vacas que consumió 4 Kg/vaca/día del concentrado convencional (tratamiento I) fue similar a la del grupo de vacas que consumió 4 Kg del suplemento artesanal (tratamiento II). Sin embargo el costo del suplemento artesanal fue la mitad con respecto al concentrado convencional (0.43 vs 0.86 US$/Kg).

CUADRO 3. Consumos de concentrado convencional y de suplemento artesanal y sus resultados en producción de leche en vacas F1 (Holstein x Cebú) en un sistema de doble propósito bajo pastoreo intensivo en pasto estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*). Reserva Pozo Verde-CIPAV, Colombia.

Tratamiento	Concentrado Convencional	Suplemento artesanal	Producción de leche Kg/vaca/día
I	4	0	9.72 a
II	0	4	9.66 a
III	0	8	10.30 b

Letras diferentes dentro de la misma columna indican diferencias altamente significativas ($P<0.01$).
Fuente: Adaptado de Rodríguez y Cuéllar, 1993.

Entre los tratamientos I y III, aunque los costos de la suplementación con 4 Kg de concentrado convencional o con 8 Kg del suplemento artesanal fueron iguales, las vacas del grupo III produjeron 0.6 Kg adicionales de leche/día cuyo precio de venta en finca fue de US$ 0.14.

En el CATIE, Costa Rica, Camero (1994), utilizó 12 vacas Jersey puras y mestizas con Criollo Lechero Centroamericano, bajo lechería intensiva, en una dieta básica de heno de pasto jaragua (*Hyparrhenia rufa*), pulidura de arroz y melaza, para evaluar el efecto biológico y económico de dos suplementos forrajeros proteicos: poró gigante (*Erythrina poeppigiana*) y madero negro (*Gliricidia sepium*). Ambos forrajes fueron ofrecidos picados y frescos, al 3% del peso vivo de las vacas, y comparados con el suministro de 120 gramos de urea/vaca/día. Al suplementar las vacas con forraje de poró o de madero negro, se obtuvieron producciones similares (7.3"0.1 vs 7.4"0.1 Kg de leche/vaca/día) y superiores ($P<0.05$) en un 10% al tratamiento con urea (6.7"0.1 Kg de leche/vaca/día). En cuanto a los constituyentes de calidad de la leche (grasa, proteína y sólidos totales) no se encontró

diferencia significativa entre los tres tratamientos. Como resultado del análisis económico de presupuestos parciales, la rentabilidad de la suplementación protéica con el forraje de ambas leguminosas arbóreas fue superior en un 20% a la suplementación con urea.

Los resultados de producción, obtenidos mediante la suplementación con forrajes arbóreos, permiten confirmar lo publicado por Leng (1988), respecto a que: para lograr altas tasas de ganancia de peso y niveles de producción de leche de moderados a altos, la demanda por aminoácidos esenciales es mayor a la que pueden suministrar los microorganismos muertos, que se reemplazan y salen continuamente del rumen hacia el abomaso, aún cuando la fermentación ruminal sea optimizada. Esto quiere decir que se necesitan suplementos con proteína sobrepasante para lograr maximizar el consumo voluntario y obtener así el potencial real de producción con rumiantes.

Además, permiten visualizar que las pruebas convencionales como son la digestibilidad *in vitro* (en el laboratorio) e *in situ* (dentro del rumen de animales fistulados), utilizadas para determinar la calidad nutritiva de forrajes, cereales, oleaginosas y subproductos agroindustriales, permiten medir los nutrientes **fermentables** por la flora ruminal, pero no su contenido de nutrientes **sobrepasantes** (almidón, grasa, proteína y minerales). Para ello se recurre actualmente a la fistulación de rumiantes en el duodeno. En esta prueba (CIAT, 1995), las cantidades de N en el bolo alimenticio a su salida del abomaso y el N eliminado en las heces (**indigerible**), permiten medir, por diferencia, el nitrógeno (**sobrepasante**) absorbido en el intestino.

V. CERCAS VIVAS

Definición

Son siembras lineales de arbustos o de árboles que se utilizan como setos, barreras rompeviento, producción de leña, carbón, madera, frutos o forraje, división de lotes o linderos de propiedades.

Opciones para el establecimiento de cercas vivas

Tradicionalmente en América Tropical las cercas son construidas con 3 a 5 hilos de alambre de púas, sostenidos por estacas verdes de algunas especies que rebrotan, se convierten luego en árboles y sirven de poste permanente. Estos árboles son usualmente propagados por estacas de 2 a 2.5 m de longitud y 5 a 10 cm de diámetro, enterradas a una profundidad de entre 20 a 30 cm y a distancias entre 0.5 a 5 m. Sin embargo, se debe preferir su siembra a partir de semilla sexual, cuya planta produce una raíz pivotante o de anclaje que le permite ser más firme y vigorosa.

La siembra en vivero se debe hacer en bolsas plásticas con una capacidad mínima de 5 Kg

de suelo, para evitar el daño de las raíces y permitirle a la planta, al menos, 4 a 6 meses de crecimiento en el vivero, antes de su transplante definitivo a la cerca.

Mientras se establecen las cercas vivas de AFN, recién transplantados, se pueden proteger del consumo por parte de los animales en pastoreo con una cerca temporal de alambre de púas o con uno a dos hilos de alambre liso electrificado, paralelas o alrededor de la cerca fija (callejón o encierro).

Otra opción consiste en sembrar a su alrededor plantas espinosas como piñuela, pitaya, nopal, cactus, pringamosa, etc. o untarles a los arbustos grasa vegetal o animal (manteca, cebo) mezclada con estiércol bovino, a lo largo de los tallos (Botero, 1992).

Resultados obtenidos con cercas vivas

Las especies de AFN más utilizadas como cercas vivas en clima cálido son *Gliricidia sepium* y *Erythrina spp*. La *Gliricidia* no tolera suelos mal drenados, lámina de agua o alto nivel freático, como si lo hacen bien especies de AFN como *Erytrhina fusca*, *Aeschynomene spp* y *Sesbania spp*.

En un experimento llevado a cabo por el Proyecto Erythrina (CATIE, 1986) durante tres años sobre tres cercas vivas de *E. berteroana* (poró común), que habían sido establecidas en 1976, 1979 y 1983 a distancias de 1.0 m, 0.6 m y 0.8 m respectivamente y que fueron cosechadas mediante poda total cada 3, 6, 9 y 12 meses, mostraron que la producción de biomasa de 1 Km de cerca viva de *E. berteroana* varía de acuerdo con la frecuencia de poda (Cuadro 4).

La mayor producción de biomasa leñosa y total se obtuvo cuando la cerca viva fue cosechada cada 12 meses y la menor cuando fue cosechada cada 3 meses. En contraste la mayor producción de forraje comestible se obtuvo en las podas realizadas cada 6 y 3 meses respectivamente.

CUADRO 4. Producción de biomasa fresca (leñosa y comestible) en 1 Km de cerca viva de *Erythrina berteroana* sometida a cuatro frecuencias de corte durante tres años en Turrialba, Costa Rica.

Tipo de biomasa	Kg/Km/año según frecuencia de poda			
Fresca	3	6	9	12
Leña	513	2065	2554	3374
Forraje Comestible	1441	1798	1352	872
Total	1954	3863	3906	4246

Fuente: Adaptado del CATIE, 1986.

Gliricidia sepium es probablemente la especie más utilizada como cerca viva en América Tropical (Budowski y Russo, 1993), produce una madera densa y resistente que tiene uso como leña, carbón y como poste vivo o muerto para cercas.

Su forraje picado (fresco, oreado o seco), compuesto por hojas, pecíolos y tallos tiernos, es bien consumido por los rumiantes, contiene 20 a 30% de proteína cruda, 53% de FDN, 33% de FDA y la DIVMS ha sido reportada entre 54 a 70% (Camero, 1994; Galindo, *et al*., 1989; Gómez, *et al*., 1995; Simmons y Stewards, 1994).

VI. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA AGROFORESTERÍA

Varios autores han analizado las ventajas y desventajas de tales sistemas (Borel, 1987; Botero, 1995; Bronstein, 1983; Ruiz, 1983; Russo y Botero, 1996a; Torres, 1983).

Las principales ventajas de estos sistemas son:

- La diversificación de las actividades productivas dentro de la finca reduce el riego económico de la inversión.
- Los productores obtienen beneficios adicionales en efectivo, representados por la producción de leña, postes, madera, frutos y forraje, que pueden ser utilizados dentro de la misma empresa o ser comercializados en el mercado.
- Los árboles contribuyen al mejoramiento de las condiciones químicas y físicas del suelo.
- Los animales consumen la cobertura herbácea, que puede competir con los árboles, dificultar el manejo e incrementar el riesgo de incendios en plantaciones forestales. En silvopasturas con árboles frutales o palmas, el pastoreo facilita la cosecha de los frutos.
- En el caso de agrosilvopasturas, hasta el 70% de la biomasa producida por los cultivos asociados y el forraje de algunas especies de AFN se complementan en su contenido de nutrimentos (energía, proteína, vitaminas y minerales) y pueden ser utilizados en la alimentación animal, sin crear competencia por los productos de consumo humano.
- Los árboles proporcionan refugio contra la radiación solar, las altas temperaturas, las lluvias y el viento. Esto contribuye a incrementar la eficiencia productiva en los sistemas de producción animal tropical.
- Permiten flexibilidad para cambiar rápidamente a cualquier otro tipo de explotación agrícola, cuando el momento económico así lo exija.
- Las principales desventajas de estos sistemas son:
- La gran mayoría de los agricultores y ganaderos de América Tropical están acostumbrados a trabajar en áreas despejadas y limpias, lo cual implica un paisaje sin árboles en lotes para cultivos y pasturas.

- La cobertura arbórea, principalmente si es muy densa, puede competir severamente contra las plantas herbáceas asociadas.
- Los árboles pueden dificultar o incluso impedir la cosecha del forraje herbáceo y el mantenimiento mecanizado de las pasturas asociadas.
- Los árboles jóvenes, recién plantados o provenientes de la regeneración natural, deben ser protegidos para evitar su daño por el ramoneo de los animales en pastoreo.
- Para los productores es difícil conseguir comercialmente semilla o árboles jóvenes para su propagación o transplante.

VII. BIBLIOGRAFIA

ALPIZAR, L. 1987. Results from the CATIE "Central Experiment": Pasture and shade tree associations. *In*: J. Beer; H.W. Fassbender y J. Heuveldop (eds.). Advances in Agroforestry Research. Proceedings. CATIE. Turrialba, Costa Rica. pp 209-214.

ARGEL, P y B. MAASS. 1995. Evaluación y adaptación de leguminosas arbustivas en suelos ácidos infértiles de América tropical. *In*: Proceedings of the Workshop "Nitrogen Fixing Trees for Acid Soils". Evans, D.O. y Szott, L.T. (eds.). Nitrogen Fixing Tree Association (NFTA) and Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Turrialba, Costa Rica. pp 215-227.

BEER, J. 1980. *Erythrina poeppigiana* con pasto. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 4p. (mimeografiado).

BENAVIDES, J.E. 1983. Investigación en árboles forrajeros. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Turrialba, Costa Rica. Mimeo 18p. + fig.

BENAVIDES, J.E. 1994. La investigación en árboles forrajeros. *In*: Arboles y arbustos forrajeros en América Central. Benavides, J.E. (comp. y ed.). Turrialba, Costa Rica. CATIE. II vol. 721p.

BENAVIDES, J.E; R.A. RODRÍGUEZ y R. BOREL. 1994. Producción y calidad de forraje de King Grass (*P. purpureum* x *P. typhoides*) y Poró (*Erythrina poeppigiana*) en asociación. *In*: Arboles y arbustos forrajeros en América Central. Benavides, J.E. (comp. y ed.). Turrialba, Costa Rica. CATIE. Vol. II. pp 441-452.

BENAVIDES, J; J. ESQUIVEL y E. LOZANO. 1985. Módulos agroforestales con cabras para la producción de leche. Guía técnica para extensionistas. Manual Técnico No. 18. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Turrialba, Costa Rica. 56p.

BOREL, R. 1987. Interactions in agroforestry systems: man-tree-crop-animal. *In*: J. Beer; H.W. Fassbender y J. Heuveldop (eds.). Advances in Agroforestry Research. Proceedings. CATIE. Turrialba, Costa Rica. pp 105-138.

BOREL, R. 1993. Diseño y manejo de los sistemas silvopastoriles. Trabajo presentado en el Taller Internacional sobre "Tecnologías Agroforestales: Diseño y Manejo". Centro de Agroforestería para el Desarrollo Sostenible de la Universidad Autónoma de Chapingo, Mexico. 23p.

BOTERO, R. 1988. Los árboles forrajeros como fuente de proteína para la producción animal en el

trópico. *In*: Memorias del Seminario-Taller sobre Sistemas Intensivos para la Producción Animal y de Energía Renovable con Recursos Tropicales. Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria (CIPAV). Cali, Colombia. Tomo I. pp 76-96.

BOTERO, R. y T.R. PRESTON. 1989. El uso de la caña de azúcar para el engorde intensivo del ganado. Carta Ganadera. Colombia. 26(6):44-48.

BOTERO, R. 1992. Estrategias para la alimentación de rumiantes con forrajes tropicales en sistemas de producción sostenible. *In*: Memorias del foro sobre "Estrategias para la Producción Animal en el Proceso de Integración Colombo-Venezolana". Asociación Venezolana de Producción Animal (AVPA), Universidad Nacional Experimental del Táchira y Universidad Francisco de Paula Santander. San Cristobal, Venezuela. 18p.

BOTERO, R. 1993. Papel de las especies forrajeras tropicales en la conservación y recuperación de suelos ácidos de ladera. Industria y Producción Agropecuaria, Colombia. 1(4):14-23.

BOTERO, R. 1995. Tecnologías básicas para una ganadería sostenible. Carta Ganadera, Colombia. 32(6):24-29.

BOTERO, R. 1996. Fertilización racional y renovación de pasturas mejoradas en suelos ácidos tropicales. Documento Interno. Escuela de Agricultura de la Región Tropical Húmeda (EARTH). Las Mercedes de Guácimo, Costa Rica. 21p.

BRONSTEIN, G. 1983. Los árboles en la producción de pastos. *In*: L. Babbar (comp.). Curso Corto Intensivo sobre Prácticas Agroforestales con énfasis en la Medición y Evaluación de Parámetros Biológicos y Socio-Económicos. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Turrialba, Costa Rica. Mimeo, p.d.

BUDOWSKI, G. and R.O. RUSSO. 1993. Live fence posts in Costa Rica: a compilation of the farmers beliefs and technologies. Journal of Sustainable Agriculture 3(2):65-87.

CAMERO, L.A. 1994. Poró (*Erythrina poeppigiana*) y Madero negro (*Gliricidia sepium*) como suplementos proteicos en la producción de leche. Agroforestería en las Américas. 1(1):6-8.

CATIE; 1986. Final Project Technical Report: *Erythrina* spp. (Phase I: 3-p-82-0015). CATIE, Turrialba, Costa Rica. 182p.

CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA. 1991. Sistemas Silvopastoriles para el Trópico Húmedo Bajo. *In*: II Informe Anual. Fase II. Proyecto CATIE/MAG/IDA/CIID. Turrialba, Costa Rica, CATIE: pp 78-84.

CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL (CIAT). 1995. Informe Bianual 1994-1995. Programa de Forrajes Tropicales. Documento de Trabajo No. 153. Cali, Colombia. p. 8-3.

COMBE, J. and G. BUDOWSKI. 1979. Classification of agroforestry techniques: a literature review. *In*: G. de las Salas (ed.). Workshop Agrofor. Systems Latin Amer. Turrialba, Costa Rica. UNU/CATIE: pp 17-47.

CUÉLLAR, P; L. RODRÍGUEZ y T.R. PRESTON. 1992. Uso del pízamo (*Erythrina fusca*) como suplemento protéico en dietas de tallo de caña prensado para terneras de levante. Livestock Research for Rural Development. CIPAV. Cali, Colombia. 4(1):1-10.

DACCARET, M. y J. BLYDENSTEIN. 1968. La influencia de árboles leguminosos y no leguminosos sobre el forraje que crece bajo ellos. Revista Turrialba. Costa Rica. 18(4):405-408.

DE ALBA, J. 1959. Influencia del clima y la calidad de los forrajes en su consumo. Revista Turrialba. Costa Rica. 9(3):79-84.

GALINDO, W.F; M. ROSALES; E. MURGUEITIO y J. LARRAHONDO. 1989. Sustancias antinutricionales en las hojas de Guamo, Nacedero y Matarratón. Livestock Research for Rural Development. CIPAV. Cali, Colombia. 1(1):1-7.

GÓMEZ, M.E; L. RODRÍGUEZ; E. MURGUEITIO; C.I. RÍOS; C.H. MOLINA C; C.H. MOLINA D; E. MOLINA y J.P. MOLINA. 1995. Arboles y Arbustos Forrajeros Utilizados en Alimentación Animal como Fuente Proteica. CIPAV. Cali, Colombia. 129p.

HUTTON, E.M. 1995. Very acid soil constraints for tree legumes like leucaena and selection and breeding to overcome them. *In*: Proceedings of the Workshop "Nitrogen Fixing Trees for Acid Soils". Evans, D.O. and L.T. Szott (eds.). Nitrogen Fixing Tree Association (NFTA) and Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Turrialba, Costa Rica. pp 258-271.

KASS, D.L. 1994. *Erythrina* Species - Pantropical multipurpose tree legumes. *In*: Forage Tree Legumes in Tropical Agriculture. R.C. Gutteridge and H.M. Shelton. (eds.). Wallingford, UK. CAB International: pp 84-96.

LASCANO, C.E; B. MAASS and G. KELLER-GREIN. 1995. Forage quality of shrub legumes evaluated in acid soils. *In*: Proceedings of the Workshop "Nitrogen Fixing Trees for Acid Soils". Evans, D.O. and L.T. Szott (eds.). Nitrogen Fixing Tree Association (NFTA) and Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Turrialba, Costa Rica. pp 228-236.

LENG, R.A. 1988. Limitaciones metabólicas en la utilización de la caña de azúcar y sus derivados para el crecimiento y producción de leche en rumiantes. *In*: Memorias del Seminario-Taller sobre Sistemas Intensivos para la Producción Animal y de Energía Renovable con Recursos Tropicales. Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria (CIPAV). Cali, Colombia. Tomo II. pp 1-24.

MOLINA C, C.H; C.H. MOLINA D; E.J. MOLINA y J.P. MOLINA. 1993. Evaluaciones realizadas en la intensificación del sistema de doble propósito en la Granja El Hatico. Cerrito, Valle del Cauca, Colombia. 19p.

MOLINA C, C.H; C.H. MOLINA D; E.J. MOLINA y J.P. MOLINA. 1996. Experiencias en desarrollo agropecuario sostenible: Granja El Hatico, Valle del Cauca, Colombia. *In*: Memorias del Seminario-Taller Internacional de "Experiencias sobre Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria y Forestal en el Trópico". Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR). Santa Clara de San Carlos, Costa Rica. 17p.

MONTAGNINI, F. 1992. Sistemas agroforestales: principios y aplicaciones en los trópicos. 2 ed. San José, Costa Rica. Organización para Estudios Tropicales (OET). 622 p.

NAIR, P.K.R. 1985. Classification of agroforestry systems. Working paper no. 28. Nairobi, Kenya. ICRAF. 52p.

NAIR, P.K.R. 1989. Classification of agroforestry systems. *In*: P.K.R. Nair (ed.). Agroforestry systems in the tropics. Dordretch, The Netherland. Kluwer Academic Press/ICRAF. pp 39-52.

PINNEY, A. 1989. Studying the single tree. Agroforestry Today. 1(3):4-6.

PRESTON, T.R. y R.A. LENG. 1989. Ajustando los sistemas de producción pecuaria a los recursos disponibles: aspectos básicos y aplicados del nuevo enfoque sobre la nutrición de rumiantes en el trópico. Condrit. Cali, Colombia. 312p.

RAMÍREZ, L.M. 1991. Evaluación a nivel de finca de pasturas mejoradas de *Brachiaria decumbens*, puras o asociadas con *Centrosema acutifolium* CIAT 5568, y de su efecto sobre la producción animal con ganado de doble propósito. Trabajo de Investigación para Promoción. Universidad Nacional de Colombia. Palmira, Colombia. 173p.

RODRÍGUEZ, L. y P. CUÉLLAR. 1993. Evaluación de la Hacienda Arizona como un sistema integrado de producción animal sostenible. Documento Interno. Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria (CIPAV). Cali, Colombia. 76p.

RODRÍGUEZ, R.A. 1984. Producción de biomasa de poró gigante (*Erythrina poeppigiana* (Walpers) O.F. Cook) y king grass (*Pennisetum purpureum* x *P*. *typhoides*) intercalados en función de la siembra y frecuencia de poda del poró. Tesis M.Sc., UCR-CATIE, Turrialba, Costa Rica. 96p.

RUIZ, M.E. 1983. Avances en la investigación de sistemas silvopastoriles. *In*: L. Babbar (comp.). Curso Corto Intensivo Prácticas Agroforestales con énfasis en la Medición y Evaluación de Parámetros Biológicos y Socio-Económicos. Turrialba, Costa Rica, CATIE. Mimeo, p.d.

RUSSO, R.O. 1990. Evaluating *Alnus acuminata* as a component in agroforestry systems. Agroforestry Systems 10, pp 241-252.

RUSSO, R.O. y R. BOTERO. 1996a. Nitrogen fixing trees for animal production on acid soils. *In*: Powell, M.H. (ed.). Nitrogen fixing trees for acid soils: a field manual. Nitrogen Fixing Tree Association (NFTA). Morrilton, Arkansas. pp 31-39.

RUSSO, R.O. and R. BOTERO. 1996b. El sistema silvopastoril Laurel-Braquiaria como una opción para recuperar pastizales degradados en el trópico húmedo de Costa Rica. *In*: Memorias del I Congreso Agropecuario y Forestal de la Región Hetar Atlántica. Guápiles, Costa Rica. 4p.

SHELTON, H.M. and J.L. BREWBAKER. 1984. *Leucaena leucocephala* the most widely used forage tree legume. *In*: Forage Tree Legumes in Tropical Agriculture. R. C. Gutteridge and H.M. Shelton (eds.). Wallingford, UK. CAB International: pp 15-29.

SIMMONS, A.J. and J. L. STEWARDS. 1994. *Gliricidia sepium* a multipurpose forage tree legume. *In*: R.C. Gutteridge and H.M. Shelton (eds.). Forage Tree Legumes in Tropical Agriculture. Wallingford, UK. CAB International: pp 30-48.

TORRES, F. 1983. Role of woody perennials in animal agroforestry. Agroforestry systems. 1:131-168.

VERA, R.R.; J.I. SANZ; P. HOYOS; D. MOLINA; L.R. SANINT; M. RIVERA; R. BOTERO y J.V. CADAVID. 1993. Sistemas agropastoriles para las sabanas de suelos ácidos de Colombia. *In*: Memorias XIII Reunión Asociación Latinoamericana de Producción Animal (ALPA). Ciencia e Investigación Agraria. Santiago, Chile. 20(2): p 8.